Aus dem Physiologischen Institut der Universität Berlin

Über das Zustandekommen von Druck- und Vibrationsempfindungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des

medizinischen Doktorgrades

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

Vorgelegt von

Hans-Rudolf Foerster

aus Breslau

11. Dezember 1939

Carl Schünemann, Bremen

M 357

Dekan: ***Professor Dr. K r e u z***

Referent: ***Professor Dr. S c h r i e v e r***

Korreferent: ***Professor Dr. T r e n d e l e n b u r g***

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

I. Einleitung

Nachdem Fröhlich (1914) als erster beim Cephalopodenauge gefunden hatte, daß eine *kontinuierliche* Belichtung eine *rhythmische* Erregung des Sehnerven hervorruft, machte man später bei anderen Sinnesorganen entsprechende Beobachtungen immer wieder: Bei was für Sinnesnerven man dann auch mit verfeinerter Methodik Aktionspotentiale registrieren konnte, fand man stets, daß den peripheren Sinnesapparat treffende, *kontinuierliche* Reize *rhythmische* nervöse Impulse hervorrufen. Damit sieht sich die moderne Sinnesphysiologie vor zwei neue allgemeine Fragen gestellt, denen ohne Zweifel eine ganz grundlegende Bedeutung zukommt. Es bedarf nämlich einer Antwort, wie

1. in den peripheren Sinnesapparaten *kontinuierliche* Reize in *rhythmische* nervöse Erregungen umgesetzt werden, und

2. aus den *rhythmischen* nervösen *Erregungen* wiederum *kontinuierliche* Empfindungen werden. Die erste Frage ist aufs engste verbunden und nur lösbar mit der allgemeineren Frage, wie überhaupt rhythmische Erregungen entstehen; auf sie soll hier nicht näher eingegangen werden. Wohl aber möchten wir hier Versuche mitteilen, die auf die zweite Frage, d. i. die Umsetzung rhythmischer Erregungen in kontinuierliche Empfindungen, Bezug nehmen.

Diese Umsetzung wird als Problem dadurch experimentell angreifbar, daß man den Sinnesnerven durch elektrische Reizung, unter Umgehung der peripheren Aufnahmeapparate, rhythmische Erregungen in mannigfacher Weise aufzwingen kann. Man beobachtet dann das Auftreten von bald kontinuierlichen, bald diskontinuierlichen Empfindungen und kann so seinen Bedingungen nachgehen. Nicht weniger wichtig wie die Verschmelzung selbst sind die mit ihr einhergehenden Stärkeänderungen der Empfindungen. Im folgenden berichten wir über diesbezügliche Untersuchungen beim *Drucksinn der Haut*, der uns durch die leichte Zugänglichkeit der afferenten Nerven hier als ein besonders günstiges Objekt erschienen ist, und bei dem durch die zahlreichen über ihn vorliegenden Untersuchungen auch bereits eine entsprechende Vorarbeit geleistet ist.

II. Versuchsverfahren

Reizapparatur.

Die zur Erzeugung rhythmischer Stromstöße benutzte Schaltung ist in Abb. 1 dargestellt. Ein Kondensator C wird über einen Vorschaltwiderstand W_1 und einen veränderlichen Widerstand W_2 von einer 600-Volt-Batterie aufgeladen. Parallel zu C liegt ein aus einer Glimmstrecke Gl und einem Potentiometer W_3 zusammengesetzter Entladungskreis. Eine Entladung des Kondensators über diesen Kreis tritt dann ein, wenn die Zündspannung der Glimmstrecke (ca. 300 Volt) gerade überschritten wird; sie hört mit dem Unterschreiten der Glimmstrecken-Löschspannung wieder auf. Darauf lädt sich der Kondensator wieder bis zur Zündspannung auf usw. Durch W_3 fließen daher rhythmische Stromstöße, von denen ein Teil als Reizstrom abgenommen wird.

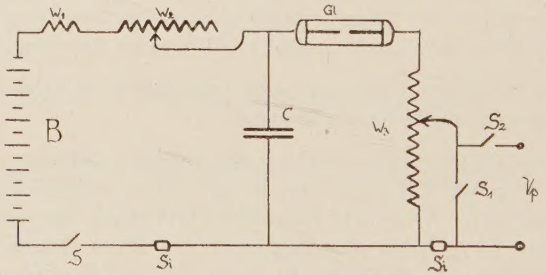

Abb. 1 Schaltung zur Erzeugung rhythmischer Stromstöße

B = Batterie, W_1 = Vorschaltwiderstand, W_2 = veränderlicher Widerstand, W_3 = Potentiometer, C = Kondensator, Gl = Glimmstrecke, S = Schalter, S_1, S_2 = Kontakte des Helmholtz-Pendels, Vp = Versuchsperson, Si = Sicherung

Als Kondensator C wurde ein Kasten-Präzisionsglimmerkondensator von 0,001 bis 1 mF benutzt. Für die Versuchsreihen fanden gewöhnlich Kapazitäten von 0,007 bis 0,01 mF Verwendung, die ungefähr der Chronaxiekapazität des Nerven entsprachen. Als Widerstände gebrauchte ich eine besondere Art von Silitstiften*), die kapazitäts- und selbstinduktionsfrei waren. Häufig durchgeführte Nachuntersuchungen zeigten außerdem eine gute Konstanz der Widerstände. W_1 war ein Drahtwiderstand von 800 Ohm und diente nur zum Schutze der Glimmstrecke.

Die Größe des Hochohmwiderstandes W_2, des Kondensators C sowie der Betriebsspannung bestimmen die Schnelligkeit der Entladungsfolge. In den vor-

*) Geliefert von der Firma Dralowid, Berlin, unter dem Namen Dralowid-Polywatt-Konstant im Handel.

liegenden Versuchen blieb die Betriebsspannung konstant. Durch Änderung von C nahmen wir große, stufenweise Regelungen, durch Änderung von W_2 feine Regelungen der Entladungsfolge vor. Durch Zuschaltung zweier Öffnungskontakte eines Helmholtz-Pendels konnten wir es so einrichten, daß nur eine bestimmte Zahl von Reizen den Nerven traf. Der erste Öffnungskontakt wurde mit dem Potentiometer und der Versuchsperson parallel, der zweite in Serie geschaltet.

Zur Reizung mit einfachen Stromstößen benutzten wir weiterhin die in der Abb. 2 wiedergegebene Schaltung.

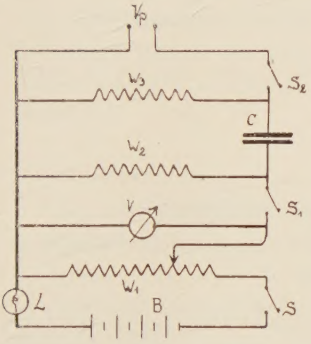

Abb. 2 Schaltung zur Erzeugung einfacher Stromstöße

B = Batterie, W_1 = Widerstand, W_2 = Widerstand, W_3 = Widerstand, L = Glühlampe, V = Voltmeter, C = Kondensator, S, S_1, S_2 = Schalter, Vp = Versuchsperson

Von einer Batterie B wird über den als Potentiometer geschalteten Widerstand W_1 Strom entnommen, dessen Spannung durch das Voltmeter V gemessen werden kann. Bei der Reizung wird in der Weise vorgegangen, daß S_1 und S_2 nacheinander zuerst geschlossen, dann wieder geöffnet werden. Durch Schließen von S_1 erfolgt die Aufladung des Kondensators C, wobei der Strom einerseits direkt zum Belag, andererseits auf dem Weg über W_2 geht. Mit dem Schließen von S_2 wird das Objekt in den Stromkreis geschaltet, ohne daß Strom durch dieses fließt. Öffnet man nun S_1, so erfolgt die Entladung des Kondensators über W_1 und dann einerseits über W_2, andererseits über das Objekt. Durch Öffnen von S_2 wird schließlich die nächste Wiederaufladung des Kondensators, ohne daß dabei Strom durch die Versuchsperson fließen kann, vorbereitet. Die Herbeiführung der Kondensatorentladung durch eine *Stromöffnung* hat gegenüber anderen Schaltungen erhebliche Vorteile. Namentlich werden dann Störungen durch Spannungsverluste und ein Kontaktklirren vermieden.

Die Größe des Kondensators und der Widerstände wurde so gewählt, daß auch hier wieder die Dauer des Stromflusses der Chronaxie der gereizten Nerven entsprach. Im einzelnen wurden verwandt: für C ein Kondensator von 20 000 pF, für W_1 ein Widerstand von 10 000 Ohm und für W_2 von 30 000 Ohm.

Elektroden.

Die Reizung erfolgte stets unipolar. Als differente Elektrode verwandten wir die in der Abb. 3 dargestellte:

Ein ungleicharmiger Hebel trägt an seinem längeren Arm einen chlorierten Silberdraht, dessen Ende mit dünnem Fensterleder überzogen ist. Die Reizfläche betrug stets 2 qmm. Die Stromzuleitung erfolgte mittels eines am Hebel entlanggeführten Drahtes. Der Druck, mit dem die Elektrode der Haut auflag, wurde bestimmt durch das Eigengewicht des Hebels und konnte beliebig durch Zufügen

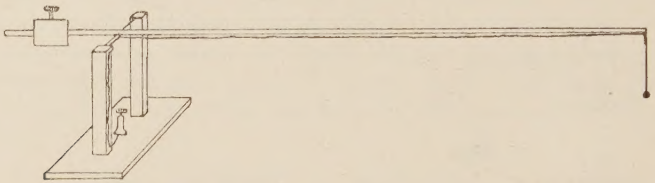

Abb. 3 Differente Elektrode zur Reizung von Hautnerven

Die Elektrode erlaubt, den Druck, mit dem sie der Haut aufliegt, und die Reizfläche streng konstant zu halten

von Gewichten verändert werden. Für unsere Versuchsreihen wurde meist ein konstanter Druck von 5 g benutzt. Den Arm der Versuchsperson (Vp.) lagerten wir unverschiebbar in ein Watte-Zellstoffbett. Die Haut wurde mit warmem Wasser stets gut durchfeuchtet gehalten.

In Ergänzungsversuchen wurde auch die Zungenspitze zur Reizung verwandt. Als differente Elektrode diente für sie ein chlorierter Silberdraht von ca. 70 mm Länge, mit einem kugeligen Ende von 0,7 mm Durchmesser. Der Draht war an einem bequemen Holzgriff befestigt und wurde von der jeweiligen Vp., die vor einem Spiegel saß, meist selbst auf die Zunge gehalten.

Die indifferente Elektrode bestand ebenfalls aus einem chlorierten Silberdraht. Er war in feuchte Watte gebettet und lag der Handfläche an.

Verfahren der Schwellenbestimmung.

An Schwellen bestimmten wir erstens diejenige *Zahl von Reizen*, die unter verschiedenen Bedingungen noch eben eine kontinuierliche Druckempfindung auslöst. Bei der Untersuchung einer unterschwelligen Summation von schnell aufeinanderfolgenden Reizen bestimmten wir weiterhin sogenannte *absolute Schwellen*, bei der Untersuchung ihrer überschwelligen Summation auch noch Unterschiedsschwellen gegenüber irgendwelchen Vergleichsreizen. Die Bestimmung dieser Schwellen erfolgte ausnahmslos nach Idealgebieten. (Spearman, Pauli u. a.)

Die von uns für die Berechnung der oberen Schwelle benutzte Formel lautet:

$$So = (Do + \frac{i}{2}) - \frac{grU \cdot i}{n}$$

Die für die Berechnung der unteren Schwelle benutzte Formel:

$$Su = (Du - \frac{i}{2}) + \frac{klU \cdot i}{n}$$

Als Kontrollformel hatte weiterhin Bedeutung:

$$So - Su = \frac{glU \cdot i}{n}$$

Im einzelnen ist hierbei: So = der oberen Schwelle, Su = der unteren Schwelle, Do = dem längsten (größten) Reiz, Du = dem kürzesten (kleinsten) Reiz, i = der Reizstufe, n = der Zahl der auf jede Stufe entfallenden Urteile, grU = der Summe der Urteile: „Vibration" („Größer"), klU = der Summe der Urteile: „Druck" („Kleiner"), glU = der Summe der Urteile: „Unbestimmt" („Gleich").

Versuchspersonen.

Als Versuchspersonen (Vp.) bzw. Versuchsleiter (Vl.) waren bei den vorliegenden Untersuchungen außer dem Verfasser tätig: die Herren Prof. H. Schriever, Dr. med. W. Foerster, Fräulein I. Kliche und A. Ruhland. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen Mitarbeitern auch an dieser Stelle für ihre Hilfe zu danken.

Die für die Vpn. erforderliche maximale Übung wurde immer erst in Vorversuchen gewonnen. Weiterhin wurde während der Untersuchungen für größte Ruhe im Untersuchungsraum und für eine bequeme Haltung der Vpn. gesorgt. Vor jedem Versuch wurden zur Aufmerksamkeitssteigerung der Vpn. zwei kurze vorbereitende Zeichen gegeben. Zur Kontrolle der Aufmerksamkeit wurden zahlreiche Vexierversuche eingeschaltet. Um eine Ermüdung zu vermeiden, wurden immer wieder größere Pausen zwischen die einzelnen Versuche gelegt.

III. Versuchsergebnisse

1. Der Einfluß der Reizstärke, -frequenz und -zahl auf das Zustandekommen bald kontinuierlicher Druck-, bald diskontinuierlicher Vibrationsempfindungen.

Reizt man einen subkutanen Hautnerven mit schnell aufeinanderfolgenden Stromstößen in der oben angegebenen Weise, so beobachtet man, daß eine *kurze* Folge von Reizen eine kontinuierliche Druckempfindung hervorruft, und daß erst eine *längere* Folge von ihnen den Eindruck einer Diskontinuität

entstehen läßt. Diese Beobachtung ist in der Literatur wiederholt (v. Frey, Schriever u. a.) beschrieben worden, ohne daß jedoch bisher die Grenze näher festgelegt worden ist, bei welcher der kontinuierliche Eindruck in einen diskontinuierlichen übergeht. Ich stellte mir so als erste die Aufgabe, genauer zu untersuchen, wieweit die jeweilige Reizstärke, -frequenz und -zahl auf eben diese Grenze von Einfluß sind.

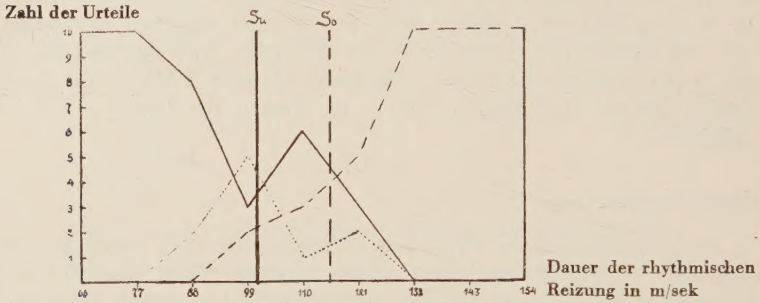

Abb. 4 Darstellung der Schwellenbestimmung nach Idealgebieten

———Urteile: „kontinuierlich"
— — —Urteile: „diskontinuierlich"
.....Urteile: „unbestimmt"
Su: untere Schwelle, So: obere Schwelle

In der Abb. 4 gebe ich einen Versuch wieder, in dem bei Verwendung nur eben überschwelliger Reize und einer konstanten Frequenz von 275 Hertz verschieden lange Reizserien auf die von ihnen ausgelösten Empfindungen untersucht wurden. Ich ging dabei in der Art vor, daß ich mit kurzen Reizserien begann, die alle kontinuierliche Empfindungen hervorriefen. Die Dauer der rhythmischen Reizung wurde sodann stufenweise verlängert. Für jede Stufe wurden 10 Urteile abgegeben. Die Stufenzahl betrug hier 9, der Abstand zwischen zwei Stufen 11 m/sek.

In der graphischen Darstellung wurde die Dauer der rhythmischen Reizung auf der Abszisse, die Zahl der jeweiligen Urteile auf der Ordinate eingetragen. Von Stufe zu Stufe wurden dann die Zahlen der entsprechenden Urteile miteinander verbunden. Die obere und untere Schwelle wurde nach der oben angegebenen Formel errechnet. Zwischen diesen liegt die sogenannte „Unbestimmtheitszone".

Entsprechend wurden diese Schwellen für andere Frequenzen im Bereich von 20 bis 1000 Hertz bestimmt. Die Versuchsergebnisse für Vp. F. sind in der Abb. 5 zeichnerisch dargestellt. Auf der Abszisse wurden die Dauer der Reizserien, die eben noch eine kontinuierliche Druckempfindung hervorriefen, auf der Ordinate die Frequenzen eingetragen.

Hierbei ergab sich, daß die ermittelten Zeiten annähernd auf einer Parallelen zur Ordinate liegen. Die Abweichungen hiervon im einzelnen sind im Mittel nach rechts und links gleichmäßig verteilt und so sicher rein zufällig. Rhythmische Reizfolgen, die kürzer als diese Zeiten sind, verschmelzen zu einer kontinuierlichen Empfindung; Reizfolgen von längerer Dauer dagegen rufen den Eindruck der Diskontinuität hervor. Die Zeit, innerhalb der eine Reizfolge noch eben zu einem kontinuierlichen Eindruck verschmilzt, beträgt bei Verwendung gerade überschwelliger Reize im Mittel 108 m/sek und wird im weiteren kurz „Verschmelzungszeit" genannt.

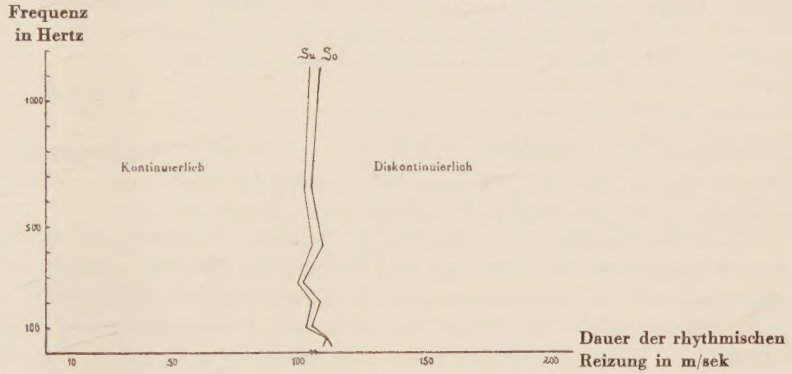

Abb. 5 Grenze zwischen kontinuierlicher und diskontinuierlicher Empfindung
Die Dauer der Reizfolge in Abhängigkeit von der Frequenz
Vp.: F. Eben überschwellige Reizung am Unterarm

Versuche, in denen anstatt der afferenten Nerven des Unterarmes die Zungenspitze gereizt wurde, führten zu völlig entsprechenden Ergebnissen. Die Unterscheidung, ob eine Reizung einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Eindruck hervorrief, war hier leichter, als bei der Reizung am Arm, was eine sehr viel geringere Streuung und schmalere Unbestimmtheitszone zur Folge hatte.

Auf Grund der gleichen Versuchsreihen wurden noch die Beziehungen von Reizzahl und Intervall untersucht (Abb. 6). Hierbei ergab sich, daß in dem untersuchten Frequenzbereich die Reizzahl mit zunehmendem Intervall erst sehr schnell, dann immer langsamer abnimmt. Die Verbindungslinie der Schwellenwerte verläuft in der ersten Annäherung in Form einer *Hyperbel*. Daraus

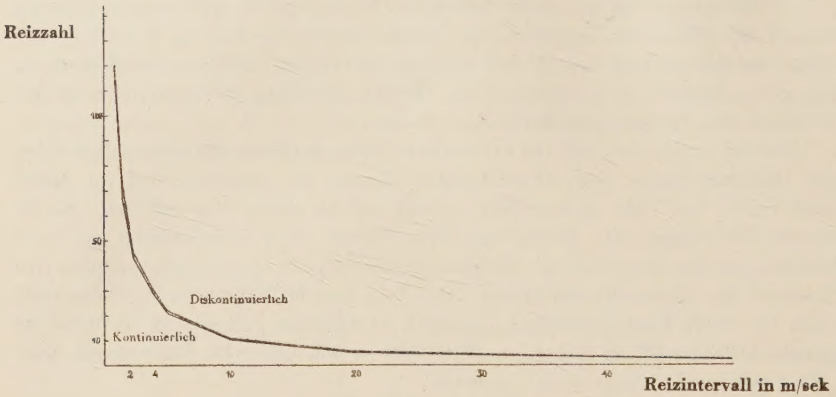

Abb. 6 Grenze zwischen kontinuierlicher und diskontinuierlicher Empfindung
Die Beziehung zwischen Reizintervall und Reizzahl
Vp.: K. Eben überschwellige Reizung am Unterarm

ergibt sich die Gesetzmäßigkeit: Intervall mal Zahl ist eine Konstante. Diese stellt eine Zeit dar, und zwar die „Verschmelzungszeit", die — wie oben dargelegt — im untersuchten Frequenzbereich konstant ist.

Diese Gesetzmäßigkeiten gelten für eine konstante Reizstärke, die eben über dem Schwellenwert lag. Um nun den Einfluß der Reizstärke auf die „Verschmelzungszeit" zu untersuchen, haben wir die gleichen Bestimmungen bei dreifacher Schwellenstärke ausgeführt. Wieder ist die „Verschmelzungszeit" für den untersuchten Frequenzbereich konstant. Sie beträgt hier 84 m/sek. Die „Verschmelzungszeit" zeigt also eine Abhängigkeit von der Reizstärke; und zwar nimmt sie mit steigender Reizstärke ab. Dementsprechend hat die Hyperbel, welche die Beziehungen von Intervall und Zahl zum Ausdruck bringt, einen weniger flachen Verlauf.

Mit diesen Ergebnissen werden die nur sehr *kurzen* Impulsfolgen besser verständlich, die man bei kontinuierlicher Reizung der peripheren Drucksinnesapparate im Oszillogramm der zugehörigen Nerven beobachtet hat. Insbesondere verweise ich hier auf diesbezügliche Untersuchungen an Katzen, Hunden, Kaninchen. Beim Frosch allerdings beobachtet man dann meistens erheblich längere Impulsfolgen. Doch stehen die anderen genannten Tiere dem Menschen näher, und alles spricht dafür, daß man die dort erhaltenen Ergebnisse unmittelbar auf den Menschen übertragen darf. Die im täglichen Leben länger andauernden kontinuierlichen Berührungs- und Druckempfindungen kämen dann nur so zustande, daß immer wieder neue periphere Sinnesapparate in Erregung geraten.

2. Die Summation einzeln unterschwelliger Reize.

Nicht weniger wichtig wie die Verschmelzung der Einzelimpulse zu einer kontinuierlichen Empfindung sind dann aber auch die damit einhergehenden Änderungen in der Empfindungsstärke.

Offenbar kommen diese durch eine Summation der Einzelimpulse zustande, und als erste Aufgabe stellte ich mir dann, festzustellen, ob und wieweit sich unterschwellige Reize summieren.

Zu diesem Zweck wurden von zwei Induktionsapparaten einzeln die Schwellen des Öffnungsstromes in mm Rollenabstand bestimmt. Danach wurde das Schlitteninduktorium I gerade so eingestellt, daß die Vp. keinen Reiz mehr spürte. Dann reizten wir mit beiden Induktionsapparaten zusammen, um erneut die Schwelle des Induktoriums II zu bestimmen. Das Intervall der beiden Reize wurde mittels eines Helmholtz-Pendels verändert.

Hat nun der vorangehende, unterschwellige Reiz auch nur den geringsten Einfluß auf die Empfindungsstärke des zweiten Impulses, so muß das im Schwellenwert zum Ausdruck kommen. Die in Abb. 7 dargestellten Versuchsergebnisse für Vp. F. zeigen, daß bei Doppelreizung außer einer nach beiden Seiten gleichmäßigen Streuung keine Abweichung von *dem* Schwellenwert auftritt, der beim Einzelreiz gewonnen wurde.

Es gilt also für den Tastsinn: Unterschwellige Reize summieren sich nicht.

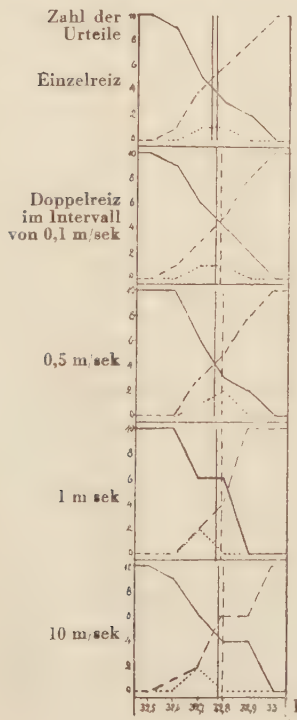

Abb. 7 Schwellendarstellung von Einzel- und Doppelreizen
Vp.: F.
———Urteile: schwächer
– – –Urteile: stärker
.....Urteile: gleich

3. Die Summation überschwelliger Reize.

Sehr ausgesprochen ist dagegen eine Summation überschwelliger Reize. Bei ihrer Untersuchung ging ich so vor, daß eine einzelne Kondensatorentladung von doppelter Schwellenstärke mit einer rhythmischen Reizung verglichen wurde, und zwar in der Art, daß bei verschieden langen Reizserien die Stärke des intermittierenden Reizes bestimmt wurde, welche die gleiche Intensität der Empfindung hervorruft wie der Standardreiz. Die auf diese Weise für verschiedene Frequenzen gewonnenen Ergebnisse für Vp. F. sind in der Abb. 8 zeichnerisch dargestellt. Es zeigt sich, daß mit zunehmender Reizzahl eine immer geringer

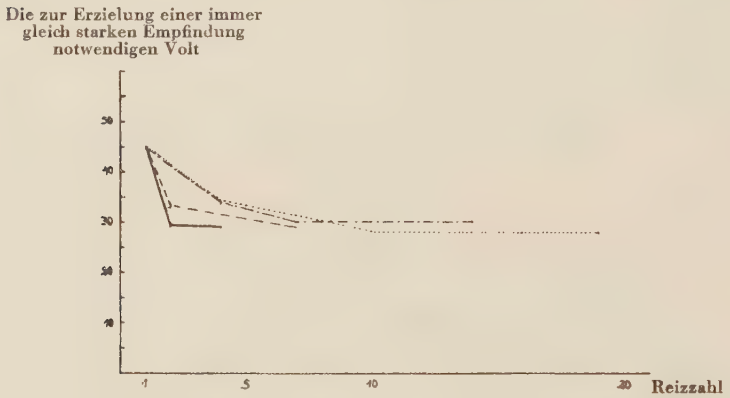

Abb. 8 Summationskurven für verschiedene Frequenzen
———50, — — —100, — . — . —275, ... 425 Hertz
Vp.: F. Reizung am Unterarm

werdende Reizstärke genügt, um die gleiche Intensität der Empfindung hervorzurufen. Die erhaltenen Kurven entsprechen völlig den klassischen Summationskurven L a p i c q u e s, bei denen ebenfalls die Reizstärke mit wachsender Reizzahl erst schnell, dann langsamer abnimmt, um schließlich konstant zu werden.

Die aus den Kurven errechneten Summationszeiten sind in dem untersuchten Frequenzbereich in erster Annäherung konstant und betragen im Mittel 35 m/sek.

Weiterhin wurde die Abhängigkeit der Summation von der Reizstärke untersucht. Zu diesem Zweck gingen wir in der gleichen Weise vor, nur daß jetzt die Frequenz konstant gehalten (275 H.) und der Vergleichsreiz in seiner Stärke geändert wurde (doppelte, dreifache und fünffache Schwellenstärke). Hierbei ergab sich: Je kleiner der Einzelreiz ist, desto geringer ist auch die Summation. Die Summationszeit ist dann jedoch unverändert geblieben!

Zusammenfassung

Wie durch Aktionspotential-Untersuchungen bekannt ist, ruft, gleich welche, Reizung der peripheren Sinnesapparate eine *rhythmische* Erregung der zugehörigen Sinnesnerven hervor. Es werden hier den subkutanen Hautnerven durch schnell aufeinanderfolgende Kondensatorentladungen rhythmische Erregungen aufgezwungen und die Bedingungen näher verfolgt, unter denen bald *kontinuierliche* Druck-, bald *diskontinuierliche* Vibrationsempfindungen auftreten. Weiterhin wird die Stärke der jeweils auftretenden Empfindungen genauer untersucht. Dabei hat sich ergeben:

1. Das Auftreten von kontinuierlichen Druckempfindungen bei rhythmischer Nervenreizung hängt weder von einer bestimmten Reizstärke, noch Reizzahl, noch Reizfrequenz ab. Vielmehr kommt es darauf an, daß die rhythmische Reizung eine bestimmte *Dauer* nicht übersteigt. Diese ist bei Verwendung immer gleich starker Reize für Frequenzen von 20 bis 1000 Hertz praktisch stets als gleich gefunden und von mir „Verschmelzungszeit" genannt worden.

2. Um eine rhythmische Reizfolge eben noch als kontinuierlichen Druck wahrzunehmen, muß demnach die Reizzahl mit wachsendem Intervall in erster Annäherung nach Art einer *Hyperbel* abnehmen. Die Zeit Reizzahl mal Reizintervall ist die Verschmelzungszeit.

3. Sie beträgt bei der Verwendung nur eben überschwelliger Reize im Mittel 108 m/sek, bei Reizen von dreifacher Schwellenstärke dagegen bloß noch 84 m/sek. Sie nimmt also mit wachsender Reizstärke ab.

4. In Bestätigung früherer Versuche *v. Freys, Schrievers* u. a. konnte — in Untersuchungen über einen viel größeren Frequenzbereich — für das Gebiet des Drucksinns *keine unterschwellige Summation* von Reizen festgestellt werden.

5. Sehr ausgesprochen ist hier dagegen eine *Summation überschwelliger Reize*. Für sie wird die Abhängigkeit Reizzahl—Reizstärke in guter Übereinstimmung mit den klassischen Lapicqueschen Summationsgesetzen gefunden. Die Summation ist um so ausgeprägter, je stärker die Einzelreize sind. Die Summationszeit ist unabhängig von der Reizstärke und beträgt ca. 35 m/sek.

Herrn Prof. Dr. H. Schriever danke ich auch an dieser Stelle bestens für die freundliche Überlassung des Themas. Er stellte mir jederzeit seinen großen Erfahrungsschatz selbstlos zur Verfügung und trug durch seine Kritik wesentlich zum Gelingen der Arbeit bei. Auch spreche ich ihm meinen Dank für die Übernahme des Referates aus.

Beilage zu der Inaugural-Dissertation
vorgelegt von Hans-Rudolf Foerster.

Verzeichnis der benutzten Schriften

M. v. Frey: Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychol. *79*, 324 (1922).
Zeitschr. f. Biolog. *76*, 1 (1922).

F. W. Fröhlich: Z. Physiol. Sammelref. *13*, 1 (1912).

L. Lapicque: C.r, Soz. Biol., Paris *72*, 63/367/871 (1912).
Ann. de physiol. et physico-chimi *1*, 132 (1925).

R. Pauli: Psychologisches Praktikum. Fischer, Jena 1930.

H. Schriever: Erg. Physiol. *38*, 877 (1936).

Lebenslauf

Am 23. Juni 1912 wurde ich zu Breslau als Sohn des Kaufmanns Rudolf Foerster geboren. Ich besuchte das dortige humanistische Johannes-Gymnasium, an dem ich Ostern 1930 das Zeugnis der Reife erhielt. Meine ärztliche Ausbildung erhielt ich ebenfalls in Breslau. Die ärztliche Vorprüfung legte ich im Juli 1932, das ärztliche Staatsexamen im Winter 1936/37 ab.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer den angegebenen Quellen keine fremden Hilfsmittel benutzt habe.